جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره بیست و هفت، پاییز ۱۳۹۷

صص ٥٦- ٤١

DOI: 10.22067/geo.v0i0.69052

تعیین پهنه سیل‌گیر با استفاده از GIS و مدل هیدرولیکی HEC-RAS (مطالعه موردی: رودخانه گوهررود در محدوده شهر رشت)

دکتر پرویز رضایی[1]- دانشیار اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیا، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹٦/۹/۲۱ تاریخ تصویب: ۱۳۹۷/٤/۱۱

چکیده

یکی از مسائل مهم در مدیریت شهری طراحی درست کانال‌ها، زهکش‌ها و تخلیه آب‌های سطحی است. محدوده مورد مطالعه در این تحقیق بازه‌ای از رودخانه گوهررود در غرب شهر رشت با جهت جنوب به شمال (حدفاصل لاکانشهر تا نزدیکی محل تقاطع با رودخانه سیاهرود) به طول ۱۵ کیلومتر در شمال ایران در استان گیلان است. عدم رعایت حریم رودخانه به همراه بالا آمدن سطح آب، مسدود شدن کانال‌های زهکشی و شیب کم رودخانه در مناطق شمالی شهر، باعث شده تا زهکشی رواناب‌های سطحی یکی از مشکلات مدیریت کلانشهر رشت باشد. بدین منظور داده‌های تحقیق با استفاده از الحاقیه HECGeoRAS و نقشه‌های پلان رودخانه، ژئومتری بستر و اراضی حاشیه رودخانه گوهررود جمع‌آوری و شبیه‌سازی شد. در ادامه با تجزیه‌وتحلیل داده‌های آماری، دبی ایستگاه لاکان با دوره بازگشت‌های ۲ تا ۲۰۰ ساله برآورد شده است. سپس با به‌کارگیری اطلاعات ژئومتری بستر و اراضی حاشیه رودخانه در مدل هیدرولیکی HECRAS رفتار هیدرولیکی رودخانه، شبیه‌سازی شده و پس از انتقال مجدد به محیط GIS، پهنه سیل‌گیر رودخانه ترسیم شده است. بر اساس نتایج حاصل از تحقیق و با توجه به نوع کاربری اراضی، نواحی سیل‌گیر محدوده مطالعاتی به سه ناحیه با خطرپذیری کم، متوسط و زیاد تقسیم شده‌اند. نقشه‌های سیلاب تهیه شده دبی با دوره بازگشت ۵۰ ساله حاکی از طغیان رودخانه در یک بازه ۵۰۰ متری در ناحیه شمالی شهر (سیاه‌اسطلخ بعد از گذر رودخانه از بلوار شهدای گمنام) است.

کلیدواژه‌ها: رودخانه گوهروده، سیل، الحاقیه HECGeo-RAS، شهر رشت.

[1] نویسنده مسئول: ۰۹۱۱۳۳۱٤۳۵۳

Email: Rezaei@iaurasht.ac.ir

۱- مقدمه

تعیین پهنه‌های سیل‌گیر برای سیلاب‌های با دوره بازگشت‌های معین، پهنه‌بندی سیل گفته می‌شود (وزارت نیرو، دفتر مهندسی رودخانه و سواحل، ۱۳۸٤)؛ به‌عبارتی‌دیگر پهنه‌بندی سیل تعیین میزان پیشروی سیلاب و خصوصیات آن در دوره‌های بازگشت مختلف است. در پهنه‌بندی سیل سعی بر آن است که تمامی نواحی اطراف رودخانه به‌منظور تعیین کاربری اراضی و توسعه آن، به قسمت‌های با خطرپذیری مختلف تقسیم‌بندی گردد. آب‌گرفتگی خیابان‌ها و سیلاب‌های شهری از بحران‌های رو به افزایش مناطق شهری است، که می‌بایست در برنامه‌ریزی و طرح‌های مرتبط با دقت لازم مورد توجه قرار گیرد. در حوضه‌های شهری ۹۰ درصد از تلفات بارش به رواناب تبدیل می‌شود اما در حوضه‌های غیرشهری، حوضه‌های جنگلی ۲۵ درصد از بارندگی است(Jingfen & Wilson. 2009). تغییر کاربری اراضی و افزایش کاربری‌های شهری باعث افزایش مناطق نفوذناپذیر و برهم خوردن تعادل طبیعی چرخه آب می‌گردد. از بین رفتن مسیل‌های طبیعی در اثر توسعه شهری و همچنین گسترش شهر در بستر رودخانه‌ای (زارع، ۱۳۷۱)، توسعه شهرنشینی و درنتیجه افزایش سطوح نفوذناپذیر (کرمی و همکاران،۱۳۹٤) از عوامل اصلی بروز سیلاب شهری است. نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب در مطالعات مدیریت شهری کاربرد وسیعی دارد. در تحقیقی که در منطقه آلبرتای ایالات‌متحده آمریکا در سال ۱۹۹۳ صورت گرفت، بهره‌گیری از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) به‌منظور کاربرد در شبیه‌سازی سیل ارزیابی و نشان داد که سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) ابزارهایی قدرتمند برای پیش‌بینی و کاهش خطرات سیل است (United Nations, ESCAP,1984). کوریا و همکاران، با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل‌های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی در مناطق شهری تأثیر کنترل کاربری اراضی در کاهش خطر سیل را ارزیابی و در ادامه اقدام به پهنه‌بندی و آنالیز سیل کردند (Correia et al., 1999). تاتی و همکاران، با مطابقت دادن داده‌های نقشه‌برداری زمینی، هندسه رودخانه و کنترل زمینی به‌دقت آنالیز و خروجی نرم‌افزار در پهنه بندی سیلاب‌های شهری پرداختند (Tate et al., 1999). هیل (Hill, 2001) و پلاتی (Plate, 2002) قابلیت مدل کامپیوتری HEC-Geo-RAS را در پهنه‌بندی خطر سیل و مزایای استفاده از نرم‌افزارHEC-RAS را بیان نمودند. تمرکز تحقیق حاضر بر زیر حوضه گوهررود در محدود شهر رشت است. شهر رشت، با متوسط بارندگی سالانه نزدیک به ۱٤۰۰ میلی‌متر یکی از مناطق پرباران کشور است (دفتر مطالعات پایه شرکت آب منطقه‌ای گیلان، ۱۳۹۳). این بارندگی‌ها اگر با شدت بالا و در زمانی کوتاه همراه باشد باعث سیلاب در بازه‌هایی از رودخانه و آب‌گرفتگی مناطقی از شهر می‌شود. آب‌گرفتگی خیابان‌ها و معابر شهری، کندی حرکت وسایل نقلیه، تخریب تأسیسات شهری و مشکلات بسیار دیگر همگی از نتایج این بارندگی‌ها می‌باشد و هرساله به‌دفعات این مسئله در سطح شهر رشت تکرار می‌گردد.

در خصـوص شـناسـایی و پهنه‌بندی نواحی سـیل‌گیر مطالعاتی متعددی در سـطح جهان و ایران صـورت پذیرفته اسـت؛ ازجمله کوسـتـاس و همکاران با اسـتفاده از داده‌های ماهواره‌ای با رزولوشـن بالا (EO) اقدام به تولید و به‌روزرسـانی نقشـه‌های خطر سـیل بر اسـاس چندین شـاخص ازجمله جمعیت، توسـعه اقتصادی و زیرساخت‌های حیاتی برای حوضـه رود دون، تورنتو نمودند (Costas et al., 2017). ژوزف و همکاران (Joseph et al., 2017) مدل‌سـازی سـیل را با اسـتفاده از GIS و داده‌های لیدار در حوضـه رودخانه پادادا در جنوب شرقی فیلیپین انجام دادند. کارسون (Carson, 2006)، اقدام به شـبیه‌سـازی رفتار هیدرولیکی رودخانه و بررسی خطر سیلاب و فرسایش کنار رودخانه‌ای در ایالات‌متحده نمود.

در ایران نیز با توجه به فراوانی و روند افزایشـی سـیلاب تحقیقات صـورت گرفته در این خصـوص به‌ویژه در دو دهه اخیر بسـیار زیاد اسـت. در گذشـته عمده تحقیقات به علل وقوع، ابعاد خسـارت و تلفات سیلاب و عمدتاً تحلیل آماری سـیل بوده اسـت. عزیزی و عبقری (۱۳۹۲)، ضـمن پرداختن به نقش ارزیابی خسارات سیل در مدیریت آن، به مقایسـه مدل‌های ارزیابی خسـارت سـیلاب پرداخته، سـپس با اسـتفاده از تلفیق مدل شـبیه‌سازی هیدرولیکی (-HEC RAS) و GIS، با در نظر گرفتن نوع کاربری اراضـی در مدل (HEC-FDA)؛ به تحلیل خسـارات وارده به اراضـی حاشـیه رودخانه پرداختند و درنهایت با اسـتفاده از نتایج حاصـله، نقشـه‌های خطرپذیری منطقه مورد مطالعه به دسـت آوردند که نقش مهمی در مدیریت بحران ناشـی از وقوع سـیل ایفا می‌کند؛ اما در سـال‌های اخیر بیشتر کارها با استفاده از GIS و برنامه‌های الحاقی آن بوده که خروجی این کارها عمدتاً پهنه‌بندی، مدلسـازی و شـبیه‌سـازی سیل بوده است. رضـائی و همکاران (۱۳۹۳) با استفاده از تلفیق نرم‌افزارهایGIS و HEC-RAS ضمن تعیین حریم سیل در قسمتی از رودخانه مرغک، مقاطعی از بازه رودخانه که بیشـترین عرض و گسـتره سـیل را با دوره بازگشـت ۲۵ سـاله دارد، مشـخص نموده اسـت. دانشـفراز و همکاران (۱۳۹۲)، در تحقیقی با اسـتفاده از نرم‌افزار هیدرولیکی HEC-RAS و سـیسـتم اطلاعات جغرافیایی (GIS) به شـبیه‌سـازی رفتار رودخانه سـمبورچای و پهنه سـیل‌گیر قسـمتی از رودخانه پرداخته و درنهایت نقشـه‌های بازه مورد مطالعه را با دبی‌های ۲، ۲۰ و ۵۰ سـاله تهیه کرده و تحلیل لازم بر روی آنها انجام شـد محققین دیگر همچون: یمانی و همکاران (۱۳۹۱)، مرادخانی و همکاران (۱۳۹۱)، غفاری و امینی (۱۳۸۹)، حکمتی فر و همکاران (۱۳۸۸)، غلامی و همکاران (۱۳۸۵)، حسـینی و ابریشـمی (۱۳۸۰) و تلوری (۱۳۷٦) نیز سـعی نموده‌اند با اسـتفاده از برنامه توأمان الحاقیه HEC-GeoRas431 و مدل هیدرولیکی HEC-RAS شـبیه‌سـازی سیل را در سـایر حوضـه‌های کشور انجام دهند. در شهر رشت نیز تاجداری و همکاران (۱۳۹۲)، بشارتی و همکاران (۱۳۹۱)، درخشـان و همکاران (۱۳۸۹) نیز با شـبیه‌سـازی رفتار هیدرولیکی رودخانه زرجوب و سـیاه‌رود با سـیسـتم اطلاعات جغرافیایی و مدل هیدرولیکی HEC-RAS مکان‌های مناسـب برای تخلیه و زهکش رواناب‌های سـطحی شهر رشت را مشخص کردند.

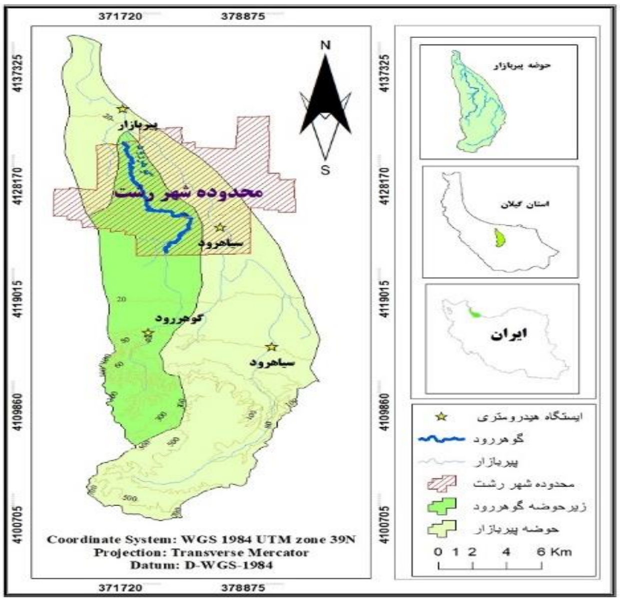
عبور دو رودخانه زرجوب و گوهررود از داخل شـهر رشـت اگرچه در گذشـته نه‌چندان دور از جاذبه‌های شـهر بوده اما عدم رعایت حریم رودخانه، تخلیه فاضـلاب‌های شهری و عدم مدیریت درست بر این دو شریان طبیعی باعث شـده تا این دو رودخانه محله تخلیه فاضـلاب و در زمان وقوع بارش‌های شـدید نیز در برخی نقاط به دلیل بالا آمدن سـطح آب باعث آب‌گرفتگی خیابان‌ها و مشـکلات متعددی برای شـهروندان گردد. در این پژوهش نیز با اسـتفاده از مدل‌های ریاضـی و با کمک مدل‌های رقومی ارتفاعی (DEM)[1] و نرم‌افزار GIS و الحاقیه HECGeo-RAS نقشـه پهنه سـیلاب در قسـمتی از بازه اصـلی رودخانه گوهررود در ابتدای ورودی تا خروجی آن در شـهر رشـت بحث و بررسـی خواهد شـد. هدف این مقاله، شبیه‌سازی سیل و توجه به این امر در مدیریت یکپارچه شهری است. شبیه‌سازی پهنه سـیل‌گیر رودخانه گوهررود با اسـتفاده از الحاقیه HEC-GeoRAS و مدل هیدرولیکی HEC-RAS یکی از اقدامات و روش‌های غیرسـازه‌ای اسـت که می‌تواند در فراهم نمودن اقدامات اولیه برای برنامه‌ریزی در جهت مقابله با سـیلاب از آن اسـتفاده نمود. بر این اسـاس به نظر می‌رسـد، توجه به این موضـوعات در مدیریت شـهر رشت باید در اولویت قرار گیرد.

۲- داده‌ها و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در این تحقیق، بازه‌ای از رودخانه گوهررود از سـرشـاخه‌های اصـلی رودخانه پیربازار در شـهرسـتان رشـت در شمال ایران است. رودخانه پیربازار یکی از رودخانه‌های حوضه آبریز تالاب انزلی است که از به هم پیوسـتن دو شـاخه اصـلی به نام‌های گوهررود و سـیاه‌رود تشـکیل شـده است. رودخانه گوهررود از جنوب کوه عزیزکیان و رودخانه زرجوب از ارتفاعات جنگلی کوه‌پیرسـرا به ارتفاع ۲۵۰۰ متر سـرچشمه می‌گیرد. این دو شاخه از شـهر رشـت عبور کرده و در بالادسـت فخب به هم دیگر تلاقی پیدا کرده و رودخانه پیربازار را تشـکیل می‌دهند. مسـاحت حوضـه آبریز رودخانه گوهررود تا ایسـتگاه هیدرومتری لاکان، ۳۱ کیلومترمربع اسـت. کار آماربرداری از این ایسـتگاه در سـال ۱۳٦۸ آغاز گردید، ایستگاه از نوع درجه ۱ و تجهیزات آن عبارت است از پل فلزی برای اندازه‌گیری در مواقع سـیلابی، سـازه لمینگراف و اشـل اسـت. متوسـط سـالانه آبدهی رودخانه در محل ایستگاه هیدرومتری لاکان حدود ۲۸ میلیون مترمکعب اسـت. در شـکل (۱) موقعیت بازه مورد مطالعه و ایسـتگاه‌های هیدرومتری نشان داده شده است.

1 Digital Elevation Model



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی بازه تحقیق و ایستگاه‌های هیدرومتری

۲-۲- استخراج داده

با توجه به اهداف تحقیق و بررسی پهنه سیلاب در حاشیه رودخانه گوهررود داده‌های مورد استفاده شامل آمار هیدرومتری ایستگاه لاکان در دوره آماری ۹۲-۱۳٦۸(۲۵ ساله) و ویژگی‌های هیدرومتری رودخانه با استفاده از نقشه ۱:۲۰۰۰ و بازدید میدانی و تهیه لایه‌های مورد نیاز برای تهیه نقشه پهنه‌بندی سیلاب است. داده‌های مورد نیاز جهت تعیین پهنه سیل‌گیر و شبیه‌سازی با استفاده از مدل HEC-RAS عبارتند از:

- اطلاعات هواشناسی (بارش، حداکثر بارش روزانه و....)
- اطلاعات هیدرولیکی (ضرایب زبری، وضعیت مسیر رودخانه..)
- اطلاعات توپوگرافیک (پروفیل طولی و عرضی رودخانه و اراضی حاشیه...)
- اطلاعات جریان سیل (هیدروگراف ورودی سیل، منحنی دبی _ اشل...).

در ابتدا جهت تحلیل هواشناسی و وضعیت اقلیمی و به‌منظور توصیف مقدار متوسط بارش در سطح حوضه مورد مطالعه، ایستگاه‌های بندرانزلی، رشت، قلعه‌رودخان، کسما، شاندرمن و ماسوله با توجه به طول دوره آماری درازمدت و پراکندگی مناسب در سطح حوضه انتخاب شدند. به‌منظور تکمیل سری داده‌های مفقود در بارش‌های ماهانه، از روش همبستگی خطی بین ایستگاه مورد نظر با ایستگاه‌های مجاور استفاده شده است. در این روش معیار انتخاب ایستگاه مبنا برای پر کردن خلأهای آماری بالاترین ضریب همبستگی بوده است.

سپس جهت برآورد دبی با دوره بازگشت‌های مختلف از نرم‌افزار SMADA استفاده شده است. برای این منظور دبی‌های پیک سالانه رودخانه در ایستگاه هیدرومتری لاکان در طول دوره آماری تهیه و با استفاده از نرم‌افزار فوق، بهترین توزیع آماری جهت برآورد دبی در دوره‌های بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله ارائه شده است.

در ادامه به‌منظور تهیه مقاطع عرضی و رفتار هیدرولیکی رودخانه لایه‌های ورودی به مدل HEC-RAS در محیط ArcGIS و CAD شامل اطلاعات استخراج شده از لایه TIN[1] (شبکه نامنظم مثلثی)، مانند مشخصات رودخانه، خطوط مقاطع عرضی به تعداد ۱۴۹ مقطع و طول بازه پایین‌دست برای ساحل چپ، کانال اصلی و ساحل راست و نیز اطلاعات دیگری مانند ضریب مانینگ، گوره ها، سطوح جریان غیرموثر، سطوح مسدود شده، پل‌ها و ... تهیه شده است. به‌گونه‌ای که معرف وضعیت عمومی رودخانه باشند در نظر گرفته شد.

با بررسی میدانی و نقشه‌های توپوگرافی منطقه مورد تحقیق، شیب استفاده شده برای این بازه ۱۵ کیلومتری که در محدوده شهری رشت و در حدفاصل دانشگاه آزاد رشت در منطقه لاکان‌شهر تا انتهای منطقه سیاه اسطلخ قرار دارد، ۰/۰۰۲ در نظر گرفته شد و برای ضریب زبری ساحل چپ و راست مقدار ۰/۰۶ و کانال وسط رودخانه ۰/۰۵ منظور گردید. با توجه به اینکه این بازه در محدوده شهری قرار دارد از سیلاب با دوره بازگشت ۵۰ ساله استفاده گردید.

۲-۳- روش انجام کار

روش کار به این صورت است که ابتدا با استفاده از داده‌های نقشه‌برداری شده از منطقه، شامل نقشه‌های پلان رودخانه با مقیاس ۱:۲۰۰۰، شرایط بستر، نظیر خط اصلی جریان رودخانه، کناره‌ها و مقاطع عرضی و... داده‌های هندسی مورد نیاز جهت انجام شبیه‌سازی تعیین شده از روی نقشه TIN به دست آمده و سپس این داده‌ها وارد مدل HEC-RAS شدند. پس از آن داده‌های جریان و شرایط مرزی در سیستم منظور شده و اجرای محاسبات هیدرولیکی انجام شده است.

نتایج حاصل در قالب فرمت‌های ورودی به محیط GIS تهیه و با استفاده از الحاقیه HEC-GeoRas، پردازش‌های لازم صورت گرفته و در انتها نقشه‌های عمق آب، سرعت آب، تنش برشی و قدرت جریان در طول بازه رودخانه ساخته شد. این نقشه‌ها جهت وضوح بهتر علاوه بر نمایش در محیط GIS در Google Earth نیز ارائه می‌شود. این نقشه‌ها با دقت بسیار بالا پهنه سیل را با دوره بازگشت‌های مختلف ارائه می‌دهند. همچنین بازه‌هایی از رودخانه که سیل گسترش یافته و باعث آب‌گرفتگی می‌گردند را همراه با عمق آب‌گرفتگی و مناطق سیل گیر با خطر پذیر کم، متوسط و زیاد مشخص می‌گردد. همچنین به‌منظور تعیین پتانسیل سیل‌خیزی حوضه یکی از رایج‌ترین فرمول‌های تجربی یا همان فرمول فرانکو- رودیه[2] (مهدوی، ۱۳۷۸) بکار گرفته شده است.

1 Triangulated Irregular Network
2 Francou-Rodier

رابطه (۱) $K=[1-(\log Q-6)/(\log A-8)]*10$

در این فرمول:

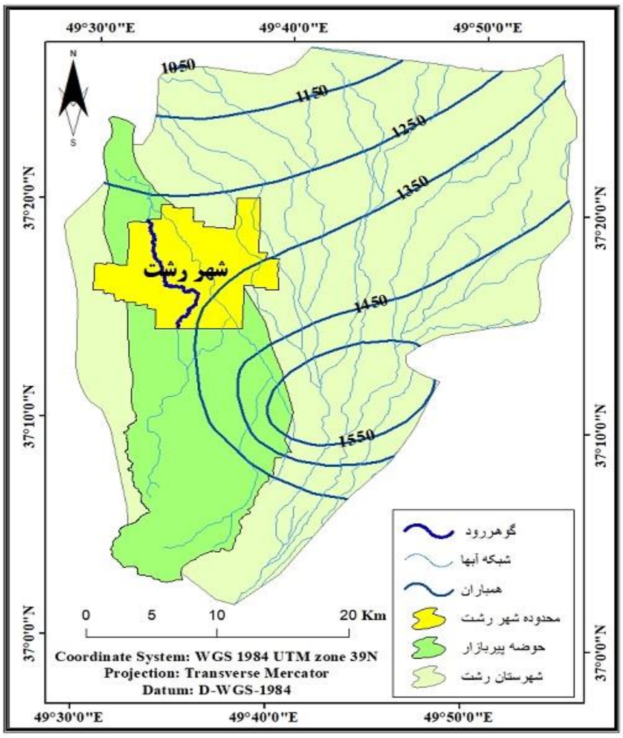
A: مساحت حوضه (کیلومترمربع)   Q: حداکثر آبدهی لحظه‌ای (مترمکعب بر ثانیه)

K: ضریب منطقه‌ای که مقدار آن در سطح جهان معمولاً بین ۰ تا ٦ تغییر می‌کند.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- یافته‌های هواشناسی و هیدرولوژی

جهت تعیین وضـعیت سـیل‌خیزی شهرستان رشت و حوضه پیربازار نقشه همباران شهرستان رشت در محیط GIS ترسـیم گردید (شـکل ۲). نتایج حاصـل نشـان می‌دهد که متوسط بارش ساالنه شهر رشت ۱۳۵۰ میلی‌متر است و این میزان بـارش با توجه به رژیم بارش و بارش‌های شـــدید می‌تواند باعث ســـیل‌خیزی و مشـــکلاتی نظیر آب‌گرفتگی خیابان‌ها گردد. در ادامه با اســـتفاده از آمار ایســـتگاه هیدرومتری لاکان دبی‌های حداکثر لحظه‌ای با به‌کارگیری نرم‌افزار Smada تعیین و پس از تجزیه‌وتحلیل توزیع لوگ‌پیرســـون نوع III بهترین توزیع آماری برای برآورد دبی‌های حداکثر لحظه‌ای در دوره بازگشت‌های مختلف مشخص شد (جدول ۱).

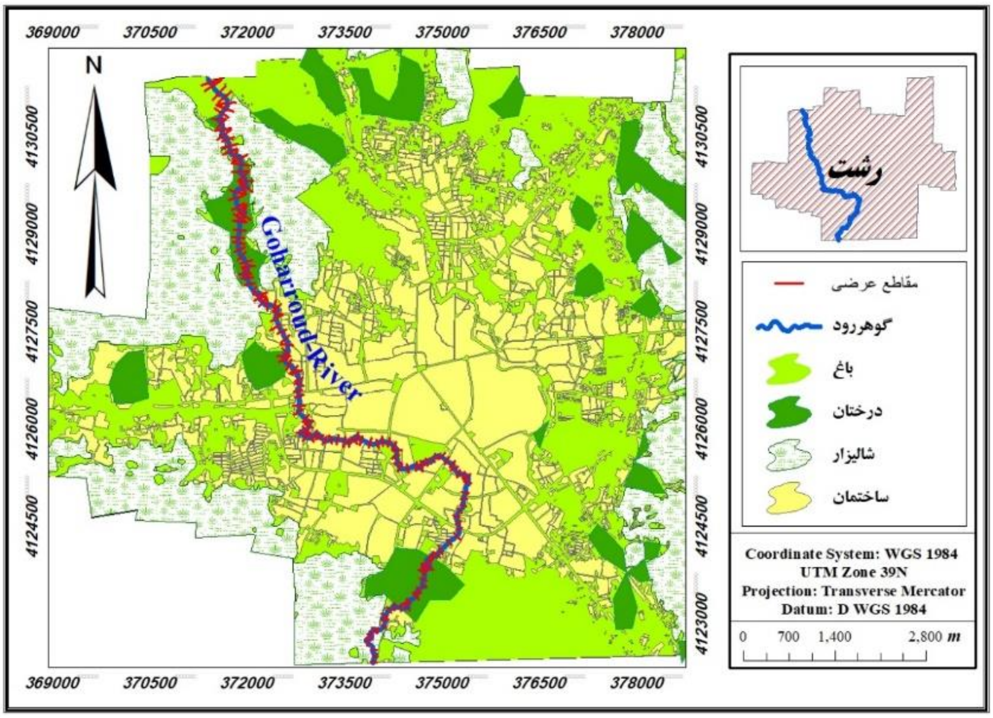


شکل ۲- نقشه همباران شهرستان رشت و حوضه پیربازار (منبع: نگارنده)

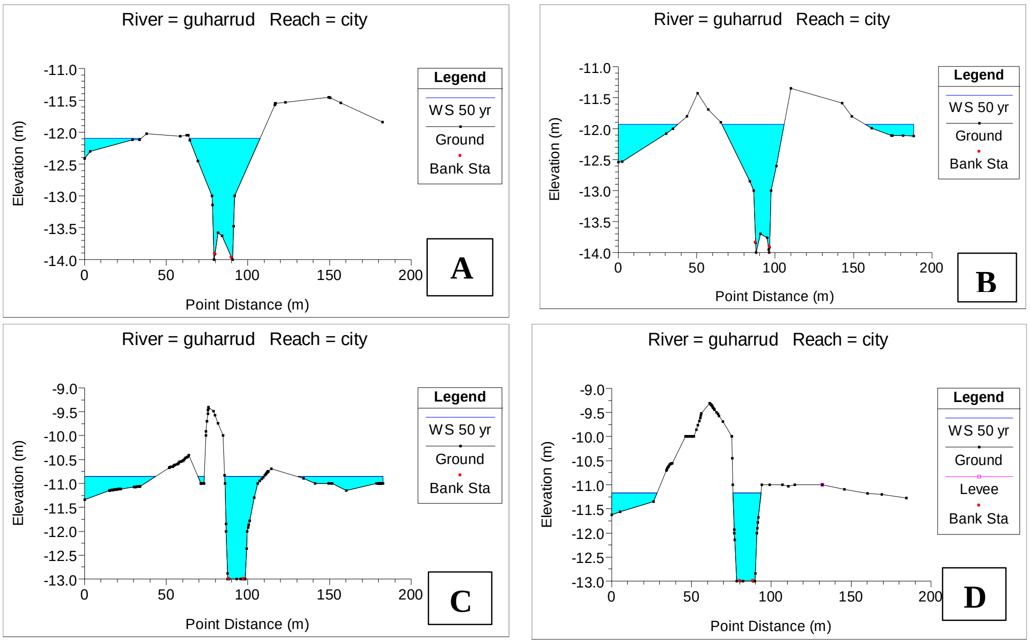
جدول ۱- مقادیر دبی حداکثر لحظه‌ای ایستگاه لاکان-گوهررود (منبع: نگارنده)

دوره بازگشت	۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰	۲۰۰
دبی (مترمکعب برثانیه)	۳۵/۴	۵۶/۷	۷۹/۱	۱۲۱/۸	۱۶۸/۴	۲۳۲/۶	۳۲۱/۵

همچنین با به‌کارگیری سیستم اطلاعات جغرافیایی (HEC-GeoRAS) نقشه‌های پلان رودخانه مدل فیزیکی بستر و اراضی حاشیه رودخانه‌ها تهیه گردید. بر اساس شبیه‌سازی ریاضی انجام شده با نرم‌افزار HEC-RAS و نتایج حاصل از اطلاعات به دست آمده مدل جهت تعیین شرایط هیدرولیکی آماده گردید. به‌این‌ترتیب که ابتدا مقاطعی از رودخانه در محیط شهری با توجه به بررسی پروفیل‌های طولی و عرضی رودخانه و همچنین بازدیدهای میدانی شناسایی گردید. در مرحله بعدی مقاطع مذکور با توجه به شکل مقاطع مجاور و قضاوت مهندسی اصلاح گردید. درنهایت مدل برای این حالت اجرا شده و نتایج و خروجی پارامترهای هیدرولیکی مدل برای دبی با دوره بازگشت ۵۰ ساله شکل (۳) به دست آمد و در شکل (۴) موقعیت و تعدادی از مقاطع (A,B,C,D) رودخانه در بازه سیاه‌اسطلخ که با طغیان آب مواجه شده نمایش داده است. تغییرات ناهمگون ارتفاع در هر یک از شاخه‌ها نشان از کافی نبودن ظرفیت مقطع رودخانه دارد.



شکل ۳- کاربری اراضی و موقعیت مقاطع عرضی و پهنه سیل ۵۰ ساله در محیط GIS (منبع: نگارنده)



شکل ٤- تعدادی از مقاطع عرضی (A,B,C,D) با دوره بازگشت ٥٠ ساله در رودخانه گوهررود - منطقه سیاه‌اسطلخ (منبع: نگارنده)

٣-٢- نتایج حاصل از اجرای مدل هیدرولیکی

پس از انجام تصمیمات لازم در هندسه مدل و پس از اطمینان از دقت مناسب مدل هیدرولیکی نسبت به اجرای مدل و تهیه خروجی‌های لازم اقدام گردید. لایه TIN در واقع مبنای استخراج خطوط تراز و لایه‌های مورد نیاز RAS است و هرچه رقوم ارتفاعی به دست آمده دقیق‌تر باشد، مدل سه بعدی حاصل بیشتر به واقعیت نزدیک‌تر خواهد بود. در این تحقیق به دلیل استفاده از نقشه‌های ١:٢٠٠٠ رقومی جهت ساخت لایه TIN مرجع مناسبی جهت شبیه سازی بستر و دشت سیلابی حاصل گردید. با توجه به شرایط بستر رودخانه و کناره‌ها، ١٤٨ مقطع برای رودخانه گوهررود، به‌نحوی‌که معرف وضعیت عمومی رودخانه باشد در نظر گرفته شد. فایل‌های تولید شده در محیط GIS با استفاده از الحاقیه HECGeoRAS، شامل نقشه‌های سیلابی با دوره بازگشت ٥٠ ساله دبی که حاکی از طغیان رودخانه در یک بازه ٥٠٠ متری در ناحیه شمالی شهر به نام سیاه‌اسطلخ است به دست آمد. این منطقه خطرپذیر بعد از گذر رودخانه از بلوار شهدای گمنام قرار دارد.

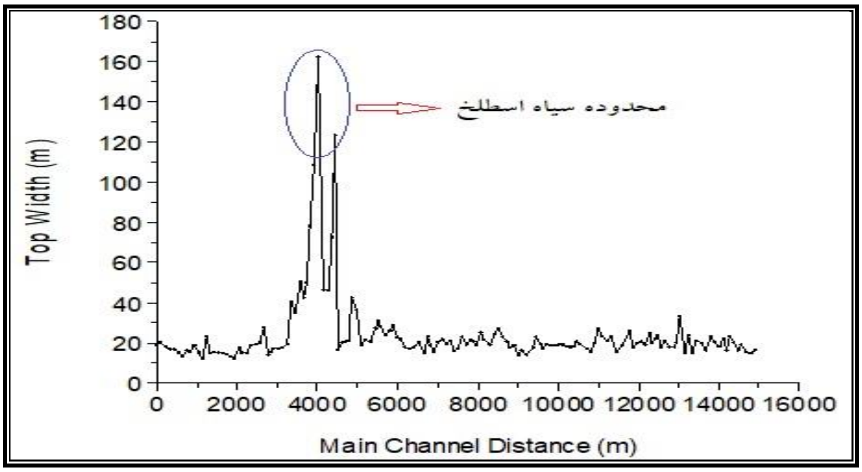
با توجه به پروفیل‌های طولی و عرضی سطح جریان برای سیلاب‌های با دوره بازگشت مختلف، تغییرات پارامترهای جریان در طول رودخانه به ترتیب از بالادست به سمت پائین‌دست رودخانه مؤید این مطلب است که با تغییرات عمق و عرض، روند تغییر شکل مقطع رودخانه از بالادست به سمت پایین‌دست می‌باشد. مقادیر بیشینه و کمینه و میانگین پارامترهای هیدرولیکی رودخانه گوهررود در جدول (٢) آورده شده است.

جدول ۲-پارامترهای هیدرولیکی در شرایط موجود با سیلاب ۵۰ ساله (منبع: نگارنده)

پارامترهیدولیکی دوره بازگشت سیلاب		سرعت (m/s)	عرض‌سطح آب(m)	ارتفاع سطح آب(m)	عدد فرود	تنش‌برش (N/m^2)
۵۰ ساله	بیشینه	۵/۲	۱۶۳	٦	۱/۲	٤۹٦
"	میانگین	۳/۹	۲۵	-۷	۱	۳۲۸
"	کمینه	۲/٦	۱۲	-۱۹	۰/٦	۱۳۳

۳-۲-۱- تغییرات طولی عرضی سطح آب

تعیین محدوده آب‌گرفتگی رودخانه و زمین‌های اطراف آن از مهم‌ترین و کاربردی‌ترین نتایج مطالعات هیدرولیکی رودخانه محسوب می‌شود. در واقع هدف مطالعات حاضر تعیین حدود بستر رودخانه است. تعیین دشت‌های سیلابی پس از تعیین مرز رودخانه که به آن بستر گفته می‌شود، میسر می‌باشد. به‌منظور بررسی تغییرات عرضی رودخانه در شکل (۵) میزان عرض سطح آزاد آب به ازای دبی ۵۰ ساله ارائه شده است. تغییرات شدید عرض رودخانه در منطقه سیاه اسطلخ نشان دهنده طغیان آب در این قسمت از بازه رودخانه است.

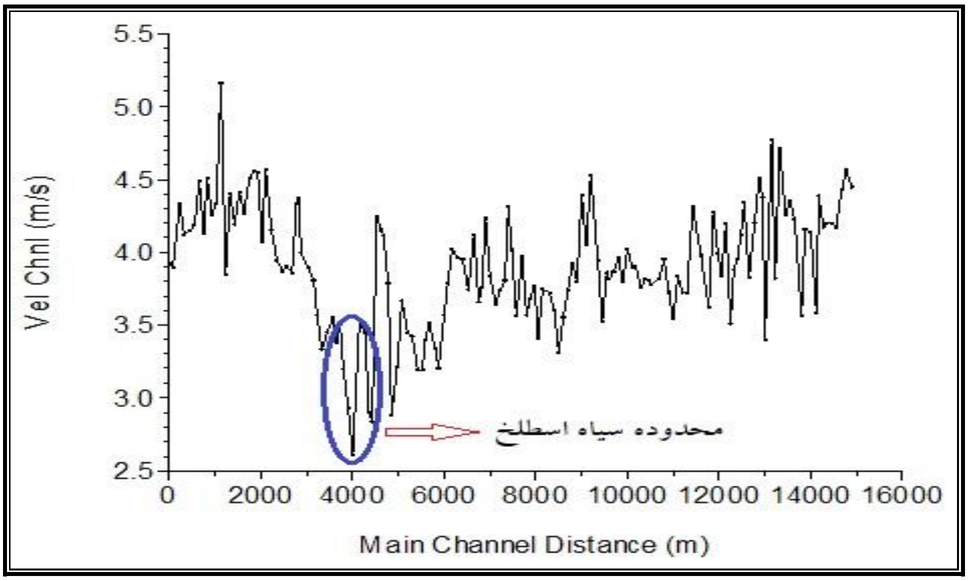


شکل ۵-تغییرات عرض سطح آب در دبی ۵۰ ساله رودخانه گوهررود (منبع: نگارنده)

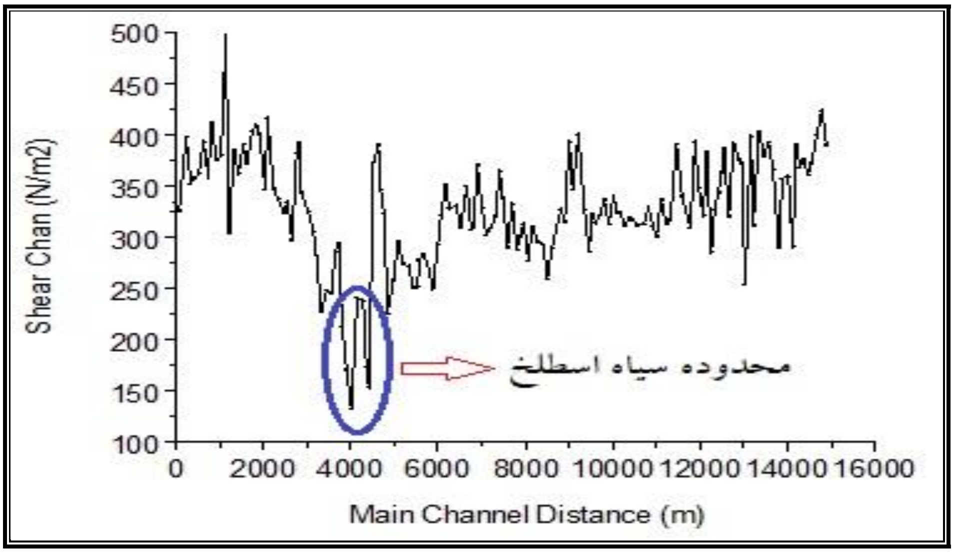
۳-۲-۲- تغییرات سرعت جریان و تنش برشی

پارامتر سرعت جریان در واقع تعیین کننده نوع جریان و معرف پتانسیل فرسایش‌پذیری یا رسوب‌گذاری در محدوده‌های مختلف رودخانه می‌باشد. در مطالعات هیدرولیک سرعت متوسط رودخانه در مقاطع مختلف آن محاسبه شده و می‌تواند در رفتارشناسی رودخانه و نحوه تغییرات آن کمک شایان توجهی نماید. در واقع با محاسبه

سـرعت و تنش جریان و مقایسـه آن با سـرعت و تنش‌های بحرانی در بازه‌های مختلف رودخانه که براساس دانه‌بندی بسـتر آن قابل محاسـبه اسـت می‌توان قدرت فرسایش یا رسوب‌گذاری رودخانه را تشخیص داد. در شکل‌های ٦ و ۷ نمودار تغییرات طولی سـرعت متوسـط و تنش برشـی جریان در طول رودخانه برای سیلاب با دوره بازگشت ۵۰ ساله نشان داده شده است.



شکل ٦- تغییرات سرعت جریان در دبی ۵۰ ساله رودخانه گوهررود (منبع: نگارنده)

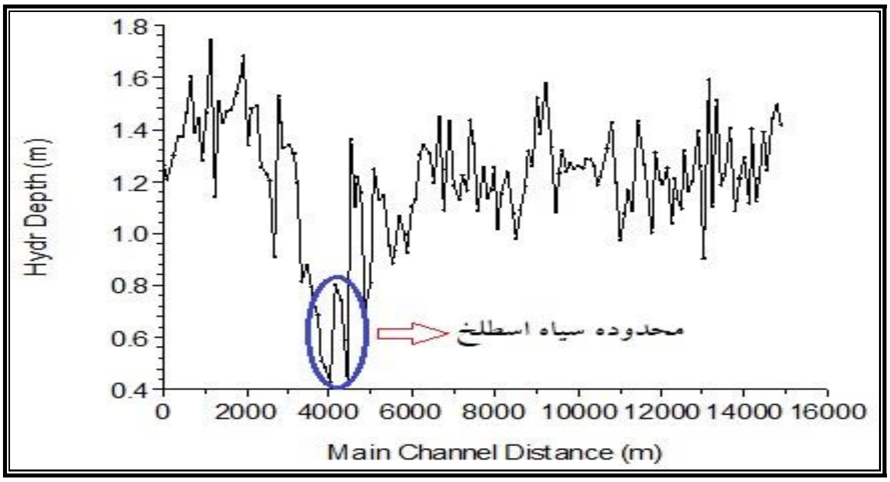


شکل ۷- تغییرات تنش برشی جریان در دبی ۵۰ ساله رودخانه گوهررود (منبع: نگارنده)

با توجه به اشـکال یاد شـده تغییرات سـرعت جریان و عرض سطح آب در دبی‌های مختلف در تناسب با یکدیگر با دایره‌های همرنگ در هر دو شـکل نشـان داده شـده و بیانگر بالا بودن سرعت در جاهایی است که عرض جریان کم شده و عکس این مطلب نیز صادق است.

۳-۲-۳- عمق هیدرولیکی

بنا به تعریف نسـبت سـطح مقطع جریان به عرض سـطح آزاد عمق هیدرولیکی نامیده می‌شود. نحوه تغییرات عمق هیدرولیکی رودخانه گوهررود در بازه مورد مطالعه برای سـیلاب با دوره برگشـت ۵۰ سـاله به‌صـورت نمونه در شکل (۸) عمق هیدرولیکی جریان در دبی ۵۰ سـاله نشان داده شده است. همان‌طور که در این شکل‌ها دیده می‌شود کمترین میزان عمق هیدرولیکی در قسمتی از رودخانه که در منطقه سیاه اسطلخ قرار دارد می‌باشد.



شکل ۸- عمق هیدرولیکی جریان در دبی ۵۰ ساله رودخانه گوهررود (منبع: نگارنده)

۳-۲-٤- خروجی مدل و محدوده‌های خطرپذیری سیل

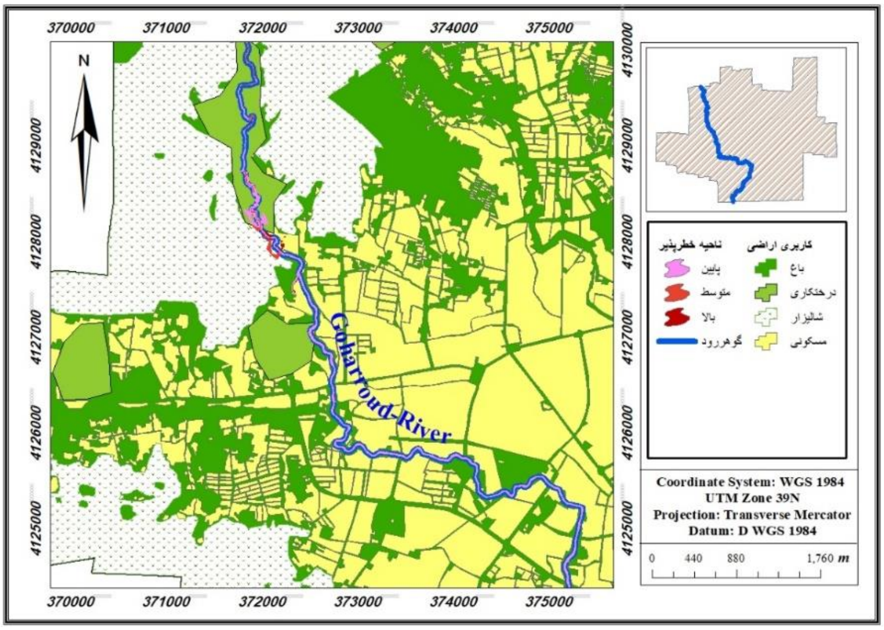
در این تحقیق مدیریت سـیلاب منطقه شـهری مد نظر اسـت و ضـرورت انجام تحقیق برای یک حوضه وقتی معقول به نظر می‌رسـد که آن حوضـه پتانسـیل سیل‌خیزی بالایی داشته باشد. برای تعیین پتانسیل سیل‌خیزی حوضه‌ها نیازمند مطالعات جامع و دقیق است. نتایج حاصل از فرمول فرانکو_ رودیه برای تعیین سیل‌خیزی حوضه در جدول (۳) ارائه شده است.

جدول ۳- پتانسیل سیل‌خیزی در حوضه گوهررود (منبع: نگارنده)

K	logA	logQ	Q	A
۳/۷	۱/۵	۱/۹	۸۰	۳۱

در رابطه فوق دبی با دوره بازگشت ۵۰ ساله ۸۰ مترمکعب بر ثانیه است و مقدار ضریب K برابر ۳/۷ است که نشان دهنده این است که حوضه گوهررود در رده حوضه‌های با پتانسیل سیل‌خیزی بیش از متوسط جهانی قرار دارد.

بیشترین خطر سیل در محدوده تحقیق مربوط به نواحی کم شیب شمالی شهر است. بالا بودن حجم جریان و به دنبال آن افزایش سطح تراز آب که در برخی از مکان‌ها تا کناره‌ها رسیده، طغیان رودخانه را سبب شده است. در اثر این حجم سیلاب امکان مسدود شدن مجاری و کانال‌های تخلیه آب‌های سطحی شهر وجود داشته و برگشت آب به سمت اماکن و معابر شهری و آب‌گرفتگی را به همراه خواهد داشت. این وضعیت خصوصاً در منطقه سیاه اسطلخ که شیب رودخانه کاهش یافته و تراکم شبکه زهکشی و تخلیه آب‌های سطحی شهر کمتر بوده به‌خوبی خود را نشان می‌دهد (شکل ۹).



شکل ۹- نقشه خطرپذیری سیل رودخانه گوهررود در ناحیه شهری (منبع: نگارنده)

٤-جمع‌بندی

کاربرد مدل ریاضی HEC-RAS در طرح‌های تعیین حد بستر و ساماندهی رودخانه‌های ایران گسترده بوده، و مورد تأیید وزارت نیرو است. در مقابل، مدل یک‌بعدی RubarBE در کشورهای اروپائی کاربرد گسترده دارد (یاسی و همکاران، ١٣٩٦). شبیه‌سازی پهنه سیل‌گیر رودخانه گوهررود به‌منظور تعیین محدوده‌های خطرپذیر سیل با استفاده از الحاقیه HEC-GeoRAS-431 و مدل هیدرولیکی HEC-RAS یکی از اقدامات و روش‌های غیرسازه‌ای است که می‌تواند در فراهم نمودن اقدامات اولیه برای برنامه‌ریزی در جهت مقابله با سیلاب از آن استفاده نمود. تهیه نقشه‌های

پهنه‌بندی سیل برای شناسایی مناطق پرخطر و حادثه‌ساز جزء اولین کارهای سازمان‌های مسئول در این زمینه است. در این پژوهش نیز با توجه به مقیاس نقشه محدوده‌های آسیب‌پذیر با دقت بیشتری مشخص شده است. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و نتایج حاصل از مدل نشان می‌دهد که تنها قسمتی از بازه ۱۵ کیلومتری رودخانه گوهررود که در معرض خطر سیلاب با دبی با دوره بازگشت ۵۰ ساله قرار دارد، بازه ۵۰۰ متری از رودخانه بعد از بلوار شهدای گمنام به سمت شمال در ناحیه سیاه اسطلخ است. در این ناحیه با توجه به کاربری اراضی منطقه، نواحی خطرپذیر سیلاب با دسته‌بندی کم‌خطر، متوسط و پرخطر تقسیم گردیده‌اند. لذا پیشنهاد می‌گردد، ضمن ملزوم نمودن مردم به رعایت هر چه بیشتر حریم رودخانه، اولویت برای هرگونه اقدام سازه‌ای بر روی رودخانه می‌بایست در اولویت اجرایی شهرداری و نهادهای مرتبط قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

سپاس پروردگار بزرگ را که توفیق انجام این پژوهش را به این‌جانب عطا فرمود. این تحقیق در چهارچوب قرارداد پژوهشی با دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت با حمایت مالی معاونت پژوهشی انجام شده است. در اینجا وظیفه خود می‌دانم، از حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت به خاطر تأمین بودجه طرح و کلیه افراد، نهادها و سازمان‌هایی که در تهیه، تدوین و تکمیل گزارش حاضر نقش داشته‌اند، تشکر و قدردانی به عمل می‌آورم.

منابع

بشارتی، فاطمه؛ رهنما، محمدباقر؛ ذونعمت‌کرمانی، محمد؛ ۱۳۹۱. ارزیابی خسارت حاصل از سیلاب با دوره بازگشت‌های متفاوت در حاشیه رودخانه زرجوب (محدوده شهری رشت). سومین همایش ملی مدیریت جامع منابع آب. ساری: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی.

تاجداری، خسرو؛ خان‌میرزایی، رسول؛ کوچک‌حق‌بین، ناصر؛ ۱۳۹۲. شبیه‌سازی پهنه سیل‌گیر رودخانه سیاهرود در محدوده شهر رشت با استفاده از GIS و مدل هیدرولیکی HEC-RAS. کنفرانس ملی مدیریت سیلاب. تهران.

تلوری، عبدالرسول؛ ١٣٧٦. مدیریت مهار سیلاب و کاهش خسارت سیل. کارگاه آموزشی تخصصی مهار سیلاب رودخانه‌ها. همدان. ١٦-١٥ اردیبهشت ١٣٧٦، ٥٩-٥٠.

حسینی، سید محمود؛ ابریشمی، جلیل؛ ۱۳۸۰. *هیدرولیک کانال‌های باز*. انتشارات آستان قدس رضوی.

حکمتی فر، حسین؛ نظری‌ها، مهرداد؛ گیوه‌چی، سعید؛ ۱۳۸۸. ارزیابی خسارات کشاورزی ناشی از سیلاب با استفاده از مدل سازی ARC View و HEC-RAS. *مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست*. سال ۱۱ شماره ٤. ۱۰۸-۹۵.

دانشـفراز، رسول؛ قربان‌وطن، مرتضی؛ جهان‌پیما، محمدحسین؛ همتی‌گیگلو، الیار؛ ۱۳۹۲. بررسی پهنه سیلاب رودخانه سـمبورچای با مدل GIS و HEC-RAS. اولین کنفرانس ملی هیدرولوژی مناطق نیمه خشـک. سـنندج: جهاد دانشگاهی استان کردستان.

درخشـان، شـهرام. غلامی، وحید. تقوی سـلیمی، ادریس؛ ۱۳۸۹. شـبیه‌سـازی رفتار هیدرولیکی رودخانه گوهررود و سـیاه‌رود با سـیسـتم اطلاعات جغرافیایی و مدل هیدرولیکی HEC-RAS. *نشـریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*. شماره ۱۹. ۷۹–۶۵.

رضـائی، پرویز؛ خسـرو، تاجداری و سـیداسـماعیل، میرقاسـمی؛ ۱۳۹۳. تعیین گسـتره سیل رودخانه مرغک در محیط HEC-GeoRAS. *تحلیل فضائی مخاطرات محیطی*. دانشگاه خوارزمی. سال اول شماره ۲، ٤٦–۲۹.

زارع، جمال؛ ۱۳۷۱. علل و عوامل سـیلاب و آب‌گرفتگی در مناطق شـهری ایران و راه‌های پیشـگیری از آن. اولین کنفرانس بین‌المللی بلایای طبیعی در مناطق شهری. تهران.

شرکت آب منطقه‌ای گیلان؛ ۱۳۹۳. دفتر مطالعات پایه.

عزیزی، سـیدایوب؛ عبقری، هیراد؛ ۱۳۹۲. *ارزیابی مدل‌های خسـارت سـیلاب به‌منظور مدیریت سیلاب‌های آنی. اولین کنفرانس ملی هیدرولوژی مناطق نیمه خشک*. سنندج: جهاد دانشگاهی استان کردستان.

غفاری، گلاله. امینی، عطااله؛ ۱۳۸۹. مدیریت دشـت‌های سـیلابی با اسـتفاده از سـیسـتم اطلاعات جغرافیایی (GIS) (مطالعه موردی رودخانه قزل اوزن. *فضای جغرافیایی*. سال ۱۰. شماره ۳۲، ۱۳٤–۱۱۷.

کرمی، مژگان؛ اردشـیر، عبدالله؛ بهزادیان، کوروش؛ ۱۳۹٤. مدیریت خطرپذیری آب‌گرفتگی و آلودگی ناشـی از سیلاب شـهری با اسـتفاده از راهکارهای بهینه متداول و نوین. *نشـریه تحقیقات منابع آب ایران*. سال ۱۱. شماره ۳. ۱۱۲–۱۰۰.

مرادخانی، علی‌محمد؛ معاضـد، هادی؛ اروانه، حجت‌اله؛ ۱۳۹۱. ارزیابی خسـارات سـیلاب رودخانه دویرج با اسـتفاده ازتلفیق مدل‌های هیدرولیکی و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی. نهمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه. اهواز: دانشگاه شهید چمران اهواز.

مهدوی، محمد؛ ۱۳۷۸. *هیدرولوژی کاربردی*. جلد اول و دوم. انتشارات دانشگاه تهران.

وزارت نیرو؛ ۱۳۸٤. دفتر مهندسی رودخانه و سواحل.

یاسـی، مهدی؛ نصـیری، لعیا؛ احمدی، سلطان؛ ۱۳۹٦. شبیه سازی و ارزیابی جریان در رودخانه‌های با جریان دائمی با دو مدل HEC-RAS و RubarBE. *نشریه دانش آب و خاک*. سال ۲۷ . شماره ۲. ۲۳٦–۲۲۵.

یمانی، مجتبی؛ تورانی، مریم؛ چزغه، سمیرا؛ ۱۳۹۱. تعیین پهنه‌های سیل‌گیر با استفاده از مدل (HEC-RAS) مطالعه موردی بالادست سد طالقان از پل‌گلینک تا پل‌وشته. *مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی*. سال ۱. شماره ۱، ۱٦–۱.

Carson, E., 2006. Hydrologic modeling of flood conveyance and impacts of historic overbank sedimentation on West Fork Black s Fork. Vinta Mountains, Northeastern Utah, USA, Geomorphology. PP: 368-383.

Correia, E, N. Saraiva, M, G. Silva, F, N. Romos, I., 1999. Floodplain Management in Urban Development Area. Part II. Gis-Based Flood Analysis and Urban Growth Modeling.
Costas, A. Erin, X, D. Sowmya, N. Ravi, A, P. & Ying, Z., 2017. Flood Risk Assessment in Urban Areas Based on Spatial Analytics and Soci, all Factors. Geosciences. 7(123):1-15.
Hill, M. 2001. Flood Plain Delineation Using the HEC-geo-RAS Extension for Arc View. Brigham Young University, CeEn, 514.
Jingfen, Sheng. John, P. Wilson., 2009. Watershed urbanization and changing flood behavior across the Los Angeles metropolitan region. Nat Hazards. 48:41–57.
Joseph, E, A. Ryan Keath, L. De Leon, Judy Rose D. Hollite, Richard M. Logronio and Genelin Ruth James., 2017. Flood Modeling using Gis and LiDAR of Padada River in Southeastern Philippines. 3rd International Conference on Geographical Information Systems Theory, Applications and Management.PP:301-306.
Plate, E.J., 2002. Flood Risk and Flood Management, Journal of Hydrology. 267: 2-11.
Tate, E.C. Oliver, F. Madmen, D., 1999. Floodplain Mapping Using HEC-RAS and ArcView GIS. Center for Research in Water Resources (CRWR).Report, NO, PP: 1-99.
United Nations, ESCAP., 1984. Proceedings of the seminar on flood Vulnerability Analysis and on the Principles of flood Plain Management for flood Loss Prevention, W.R.S., No.58.